

配电网管理中的自动制图研究

李晓凯¹, 周长建², 许和炎²

(1. 中国铝业股份有限公司山东分公司热电厂机动科, 山东 淄博 255061;

2. 烟台东方电子信息产业股份有限公司, 山东 烟台 264001)

摘要: 剖析了电力设施地理分布图的分布特点和基础拓扑结构, 建立了基于图论的电网模型, 并提出了自动分析生成电气接线图的新方法, 目的是将电网地理接线图根据参数定义自动转换为目标图形, 从而减少配电网的图纸维护和管理工作量。在分析算法原理的基础上, 讨论了算法的软件实现流程、技术特点, 并介绍了在GIS系统中的实际应用效果。

关键词: 电网拓扑模型; 自动制图算法; 网格化; 正交化; 地理信息系统

A new automatic mapping algorithm in power distribution management

LI Xiao-kai¹, ZHOU Chang-jian², XU He-yan²

(1. The Heat and Power Plant of Shandong Branch, CHALCO, Zibo 255061, China;

2. Yantai Dongfang Electronics Information Industry Co., Ltd, Yantai 264001, China)

Abstract: This paper analyses the characteristics and the topological structure of power grid. And then it creates a kind of topology model of power grid based on graph theory. An automatic mapping algorithm is introduced, which transforms the geographical map of power equipments to wiring connection drawing using gridded algorithm and orthographic algorithm in a GIS system. It is a new method to reduce the amount of work of drawings in power distribution management. It discusses software processes and characteristics of the realization of this algorithm in this paper, and presents one example map created with the automatic mapping algorithm.

Key words: power grid topology model; automatic mapping algorithm; gridded algorithm; orthographic algorithm; geographical information system

中图分类号: TM769 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)06-0065-03

0 引言

在电网管理工作中, 工作人员经常要用到电网地理分布图、一次接线图、产权图、网络图等多种图形, 而且每条变电站出线都绘制这样一套单线图, 每个环网也需要绘制环网一套网络图。比如一个地市级供电企业, 通常需要制作这样的图纸几十幅、甚至几百幅。而且近年来电网的改造和线路变动比较频繁, 这些图纸还需要不断的调整和修改, 用手工绘制这样一系列的图, 工作量是非常大的, 维护人员经常加班加点来赶制这些图形。事实上, 电网管理软件系统通常都建立了电力设施的地理分布图和站内接线图, 而在电力设施的地理分布图和站内接线图上, 也都有与电网产权图、单线图、网络接线图相对应的设备。通常图纸维护人员需要一遍又一遍地绘制这些图纸, 而且相同的设备要在不同的图纸上重复绘制, 可想而知其工作量也相应地成倍

增加。许多配电网管理人员迫切希望有一种软件系统能够帮助他们减少重复绘制的工作量, 因此该问题已成为近年来电网图形管理研究方面的热点问题。本文首先对配电网的GIS图形建模进行分析, 以期合理地规划电网地理分布图的数据模型, 在对分析常见处理方法的基础上提出了一种新算法, 然后借助于该算法利用地理图和站内接线图的数据和模型, 自动生成配电网的一次接线图、网络图和产权图等衍生图纸。

1 电网图形的特点与GIS建模

纵观电力网络结构, 整个地区电网是从高电压等级线路到低电压等级线路构成的一个层次结构非常清晰的树状结构, 中间包括了220 kV、110 kV、35 kV、10 kV等电压等级, 随着电网的快速发展, 这个结构还在增加新的层次; 另一方面从横向来, 相同电压的等级的线路又逐步构成了“手拉手”的

网状结构。电力网络这种既具有树状特性又具有网络特性的特点能够非常方便地用GIS的几何拓扑来表达,因此利用GIS技术来处理电网图形分析相关问题已成为首选,而且其优势已经随着GIS在电网中应用的深入逐步显现出来。

无论一个地区的电网结构多么复杂,都可以简化为如图1的模型,即由电源点S、开断设备B、连接导线L和用电负荷U四类装备组成的最简结构,然后若干套这四类设备彼此相连就构成了复杂的电网实际运行结构。

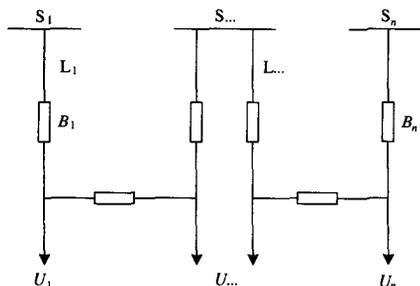


图1 电网GIS简化模型

Fig. 1 The simplified model of power grid in GIS

电网的这种最简几何模型可以用GIS技术描述为如下的拓扑结构:

```
CElectEquip
{
    Etype; //Equip type
    Eid; //Equip id
    pCoords;//point of the equip's coordinates
    Nodes[MAXNUM_TOPNODES];//Equip
Topology nodes
    Sflag; //State flag
    Fflag; //Function flag
    ...
}
```

此拓扑结构可以统一地描述所有的电网设备,而经过这个统一的结构描述的设备又都可以纳入到GIS系统中,作为几何对象来处理,对于不同类型的设备而言,所不同的只是结构中变量的取值变化而已。平面几何中是由点、线、面三种最基本的元素构成的,经过对CElectEquip结构定义的泛化应用,再结合图论的分析原理,就可以把复杂电网连接关系表述成了单一的几何拓扑网络了,接下来基于电网的应用就自然地转化为几何拓扑的变换问题了,这一点对于解决不同类型的电网设备自动绘制问题十分重要。例如,从地理图向接线图的转换问题现在就是一系列的设备元素的坐标变换和排版问题,

其它类型的图形之间的转化也同样如此。

2 自动成图算法设计

在电网日常管理中,与电网结构相关的常用图纸按照结构内容大体分为电网地理全网图、电网地理单线图、一次单线图、网络地理图、一次网络图、产权图、电网系统图等。这些图纸的核心内容都是一致的,但在细节内容表现上各有特点,各种图纸之间的转换关系如图2所示。

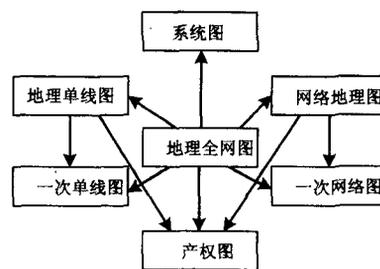


图2 电网管理常用图纸转换关系图

Fig.2 Diagram of relations between maps of power grid management

为了最大限度地减少图纸维护工作量,同时保证系统图形及属性的完整性、数据的一致性、数据表现的多样性,需要规划科学的管理方法和优化的算法才能完成这一复杂工作。本文主要研究其中的地理图与一次图之间的转换,其它图形之间的转换相对简单,此处不再赘述。下面针对电网地理图形到一次图的转换问题介绍一种自动成图新方法,即网格正交自动制图算法。

如前所述,电网地理分布具有静态网状结构和树状应用结构的特点,结合图论的基本原理,网格正交自动制图算法的设计思想为:

1) 可以把网状结构的电网首先进行网格化处理,使得线路设备的几何位置得以规范化,将设备划分出站房、T接、连接设备三大类,同时计算出自动布线通道,方便后续处理。其中网格化处理方法为:以图幅中心或者参数指定位置为格网中心,对大类设备进行以距离为步长的网格划分,遇到重叠设备依次往外扩展,至所有设备分配完毕结束。

2) 通过广度优先搜索算法,把网状结构的电网模型转换为树状结构的分支模型,即对线路节点依次分级,分离出主干和支线、次级支线等等,从而构成树状分支模型。同时采取数据压缩方法大大减少后续计算的元数据的容量,从而极大提高运算效率,减少数据异常。其中,数据压缩是通过将模型中的元数据建立多级索引来实现的。

3) 根据线路的主干分支关系,对变电站出线进行正交化处理,并且循环逼近计算直到计算结果达到满意的效果为止。例如,变电站出口开关为横向,则出线可以继续保持横向延伸,遇到支线则取主干的垂直方向延伸,支线在垂直方向上是正向延伸还是反向延伸取决于前述网格分配的结果。在这里,可以事先设定一些经验参数,达到加快计算速度、趋近人工制图习惯的目的。

4) 线路计算完毕,自动填充末端设备,修正关联文字标注,最后自动生成效果图。此时维护人员可以选择继续进行改进计算、保存退出、或者放弃本次转换。

算法流程图如图 3 所示。

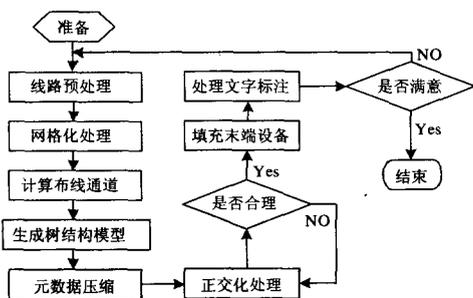


图 3 算法流程图

Fig. 3 Flow chart of the automatic mapping algorithm

与通常的网格化布图算法或者正交化布图算法相比,网格正交自动制图算法结合了网格化布图与正交化布图的特点,使得布图的效果与人工制图思路比较接近,增加了布图算法参数调整的灵活性。比如,用户可以在转图之前可以设置设备分布的疏密间距,可以调整设备分布的优先权。同时在布线过程中引入了布线通道,使得设备之间和线路之间尽可能少的重叠或者交叉,从而改善设备的最终分布效果。

3 应用分析

基于网格正交自动制图算法进行了软件编写,应用在了电网实时管理 GIS 系统中,经过一系列的图形测试表明,该算法能够实现电网地理图到接线图的快速转换,自动成图的效果能够达到实用化水平,而后在多个用户现场得到应用。此外,应用系统具有以下几个特点:1) 允许保留原有地理图的参考走向,满足某些地区的特殊需要;2) 能够设置布线通道参数,自动选择布线通道,实现线路自动避让,避免站房重叠;3) 设备分布均匀,符合人工制图的审美习惯,参数可调整,可记录历史参量并重复;4) 接线图设备标注同时自动生成,可以人为调

整,保证接线图中的标注位置适中可用。

图 4 为系统自动生成的图形,并用于 Web 上发布的部分实例图。

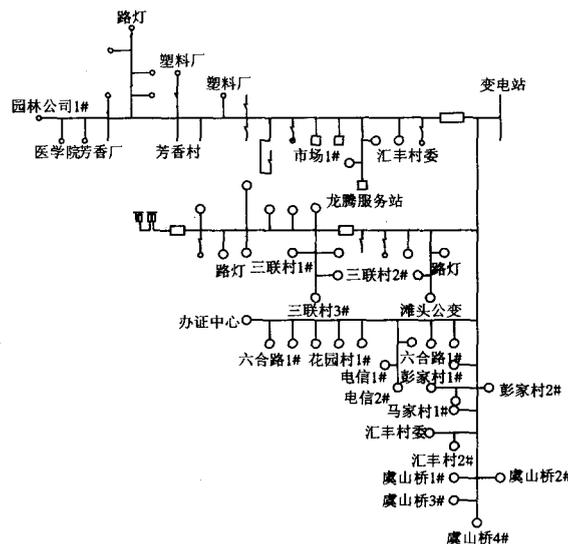


图 4 自动生成的实例图

Fig.4 An example map created with the automatic mapping algorithm

4 结论与建议

本文在研究配电网模型的基础上,提出一种用于自动成图的网格正交自动制图算法,并在电网实时管理 GIS 系统中进行了实践。在制图和电网重构的应用中,减少了系统维护的工作量,方便了管理工作。使得电网图纸管理工作变得轻松而智能。当然,还有许多地方需要进一步改善,比如交互能力可以继续增强,与管理工作流也可以进行整合,使得地理图、接线图等都可以应用于工作流,增强与其他系统的数据互操作等。

参考文献

[1] 吴锐,陈德桂,耿英三,等.一种基于蚁群系统的配电系统母线槽布线算法[J].电工电能新技术,2003,22(2).
WU Rui,CHEN De-gui,GENG Ying-san,et al. A New Approach to Busbar Routing of Power Distribution System Using Ant Colony System[J].Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy, 2003,22(2).
[2] 刘建辉,许和炎.图形服务中间件的设计[J].农村电气化 2006,(8):43-45.
LIU Jian-hui,XU He-yan.The Design of the Middle Ware for Map Service[J].Rural Electrification, 2006,(8):43-45.
[3] 鲁光银,韩旭里,朱自强,等.地质灾害综合评估与区划模型[J].中南大学学报(自然科学版),2005,36(5).

(下转第 70 页 continued on page 70)

许指定路径的情况下,通过规约可以将一个文件写到任何一个目录下,这样会降低系统的安全性,给系统留下一个后门,存在安全隐患。

案例 6: 时钟同步报文中时间值不合理,导致装置异常

现象: 在时钟同步报文中,当给装置下发一个不合理的时间信息,如 2007 年 13 月 5 日 10 时 50 分 68 秒时,装置接受时间,并显示在装置人机接口上,发现时间显示异常,然后做一个保护动作,发现上送时标也不正确。

原因: 装置对时间值的有效性判定不严谨,导致在错误时间值下进行了错误的操作,从而影响了装置的时间系统运行。

4 如何提高通信规约的实现水平

通过多年规约测试和现场工作经验总结,我们认为,要想提高通信规约实现水平要从如下方面做好工作:

- 1) 按照国际、国家、行业标准实现产品规约;
- 2) 认真学习标准、并与同行业厂家积极进行交流,充分理解标准;
- 3) 科学地、严谨地按照规约标准的要求设计产品,并合理地将产品功能与通信规约进行映射和协调;
- 4) 在使用标准的同时,要结合不同地区、不同电网的规约应用要求进行考虑,使产品能够灵活地适应这些地区规范;
- 5) 在规约产品开发完毕后,到专门检测机构进行规约测试工作,通过规约测试可以发现规约产品中实现的不完善之处,同时能够加深对规约的理解和应用;
- 6) 对规约软件进行严格的版本管理,做到不轻易改动、改动后要进行测试。

7 结论

随着 61850、61970 标准的颁布和执行,通信在系统中的作用越来越重要,为了全面提高电力系统可靠性和安全性,必须在自动化产品通信功能、通信规约上加强实现力度和检测力度,使整个电力自动化系统成为一个健康、稳定的系统,保证电力生产持续、稳定发展。

参考文献

- [1] 杨剑峰,贺春.规约应用中存在的问题及解决方法的探讨[J].继电器,2004,32(19):71-73.
YANG Jian-feng, HE Chun. Problems and Solutions in Protocol Implementation[J].Relay, 2004,32(19):71-73.
- [2] 赵有铨,赵曼勇,贺春.继电保护故障信息系统建设经验谈[J].继电器,2006,34(6):64-66,70.
ZHAO You-cheng, ZHAO Man-yong, HE Chun. Experience in the Project Construction of Fault Information System for Relay Protection[J]. Relay, 2004,34(6):64-66,70.
- [3] 贺春,任春梅,张冉.MODBUS 协议在电动机保护装置中的应用[J].继电器,2006,34(12):73-76.
HE Chun, REN Chun-mei, ZHANG Ran. Application of Modbus Protocol in Motor Protection Equipment[J]. Relay, 2006,34(12):73-76.
- [4] IEC60870-5-104 Telecontrol Equipment and Systems Part 5:Transmission Protocol Section104:Network Access for IEC 60870-5-101 Using Standard Transport Profiles[S].
- [5] 中国南方电网有限责任公司.中国南方电网继电保护故障信息系统通信与接口规范[S].

收稿日期:2007-08-20; 修回日期:2007-10-25

作者简介:

姚致清(1960-),男,EMBA,高级工程师,主要研究方向为特高压直流输电、特高压交流输电,系统可靠性。

- [6] 冶成斌.专业的 Utility 逻辑示意图解决方案[J].ESRI 中国通讯,2005,15.
YE Cheng-bin. Professional Blue Print of Logic Sketch Map[J].ESRI China Communication,2005,15.

收稿日期:2007-08-21; 修回日期:2007-11-15

作者简介:

李晓凯(1975-),男,本科,工程师,研究方向为电厂电气自动化; E-mail:shandlxk@yahoo.com.cn

周长建(1977-),男,本科,助理工程师,研究方向为电力系统自动化;

许和炎(1975-),男,硕士,工程师,研究方向为地理信息系统及应用。

(上接第 67 页 continued from page 67)

- LU Guang-yin,HAN Xu-li, ZHU Zi-qiang,et al. Synthetical Evaluation and Classification Model of Geological Hazards[J]. Journal of Central South University of Science and Technology, 2005,36(5).
- [4] 王成山,王赛一.基于空间 GIS 的城市中压配电网智能化规划[J].电力系统自动化,2004,28(5):45-50.
WANG Cheng-shan, WANG Sai-yi.Intelligent Plan of City Power Distribute Grid Based on GIS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004,28(5):45-50.
 - [5] 陈述彭,鲁学军,周成虎.地理信息系统导论[M].北京:科学出版社,2000.
CHEN Shu-peng, LU Xue-jun, ZHOU Cheng-hu. GIS An Introduction[M].Beijing:Science Press,2000.